

ЭВОЛЮЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Предложено определять тенденции развития и основные направления совершенствования наземных транспортно-технологических средств путем анализа массива патентов определенного класса международной патентной классификации, представленного в виде ориентированного графа. Узлы графа представляют собой отдельные изобретения, которые связаны между собой направленными ребрами по направлению цитирования. Данный подход позволяет провести кластеризацию технических решений, выявить основные тенденции и направления развития, определить патенты, оказывающие наиболее существенное влияние на развитие предметной области, сформулировать требования к перспективным конструктивным схемам машин.

Ключевые слова: научно-техническое прогнозирование, анализ патентов, теория графов, наземные транспортно-технологические средства, тенденции развития.

EVOLUTIONARY RESEARCH OF STRUCTURAL SCHEMES OF LAND VEHICLES AND TECHNOLOGIES

It is proposed to determine development trends and main directions for improving land transportation and technological machines by analyzing an array of patents of a certain class of international patent classification, presented in the form of a directed graph. The nodes of the graph are separate inventions that are interconnected by directed edges in the direction of citation. This approach allows us to cluster technical solutions, identify the main trends and directions of development, identify patents that have the most significant impact on the development of the subject area, and formulate requirements for promising structural designs of machines.

Keywords: scientific and technical forecasting, patent analysis, graph theory, land transportation and technological means, development trends.

Обязательным этапом в проектировании инновационных наземных транспортно-технологических средств является формулировка требований к конструкции с учетом современных и перспективных тенденций развития в соответствующей области техники.

Одним из направлений решения этой задачи является прогнозирование развития конструктивной схемы машин на основе анализа актуальной и объективной патентной информации, в результате чего определяются перспективные конструктивные схемы и основные тенденции развития определенного типа наземных транспортно-технологических средств.

В данной работе предложена методика проведения эволюционного исследования и анализа конструктивных схем наземных транспортно-технологических средств с применением математического аппарата теории графов [1] и программного

пакета для визуализации и расчета характеристик графов — Gephi [2].

Основная идея исследования состоит в следующем. Поиск основных направлений совершенствования и тенденций развития наземных транспортно-технологических средств следует проводить путем анализа патентной базы данных технических решений в соответствующем классе международной патентной классификации (МПК). Массив технических решений — патентов в определенном классе МПК представляется в виде ориентированного графа. При этом узлы графа представляют собой отдельные изобретения, которые связываются между собой ребрами по направлению (ссылкам) от цитированных в описании патента технических решений (прототипов) к рассматриваемому изобретению и далее по цепочке.

Данный подход позволяет определить группы родственных технических решений (отдельные

кластеры), т. е. провести классификацию, выявить основные тенденции и направления развития технической системы (с учетом длины цепи технических решений), определить технические решения, оказывающие наиболее существенное влияние на развитие предметной области (по числу исходящих связей), сформулировать требования к перспективным конструктивным схемам машин.

Кроме того, к структурированной подобным образом патентной информации возможно применение современных методов анализа больших данных (Big data), глубокого обучения (Deep learning), построения нейросетей и обработки естественного языка (Natural language processing). Это в будущем, возможно, позволит прогнозировать перспективные конструктивные схемы машин на основе найденных скрытых закономерностей в исследуемом массиве формул связанных между собой изобретений.

Методика эволюционного исследования включает в себя следующие этапы:

1. Определение класса или классов МПК для проведения исследований.

2. Формирование релевантного массива изобретений в данном классе из технических решений, запатентованных в США, как наиболее крупном рынке, с помощью базы данных Questel Orbit.

3. Построение поля узлов графа по данным сформированного массива изобретений, в котором вершины представляют собой найденные изобретения.

4. Соединение узлов графа ориентированными ребрами, при котором направление ребра выбирается от цитируемых в описании рассматриваемого изобретения технических решений (прототипов) к нему самому.

5. Посторонние ориентированного графа эволюции технических решений

6. Анализ полученного графа методами дискретной математики, анализа больших данных, глубокого обучения, построения нейросетей и обработки естественного языка (Natural language processing) с помощью специализированного программного обеспечения

7. Формулирование требований к конструкции перспективных наземных транспортно-технологических средств.

В качестве примера эволюционное исследование наземных транспортно-технологических

средств было проведено для основного класса МПК B66C23/04 — «Краны со стрелами, полная длина которых меняется при работе крана, например со стрелами, смещающимися по длине, с вытягивающимися стрелами». В результате поиска в базе данных Questel Orbit первоначально было найдено 259 изобретений с 1967 по 2017 г., запатентованных в США и соответствующих данному классу.

Далее каждое из найденных технических решений было проверено на использование в качестве прототипа цитированного в описании другого изобретения, не обязательно соответствующего выбранному классу МПК, и найденные цепочки изобретений также были занесены в анализируемый массив изобретений.

В результате был сформирован массив из 6105 изобретений, которые представляют собой узлы ориентированного графа.

Далее между узлами графа были созданы ребра, направление которых выбиралось от цитированного технического решения (прототипа) к рассматриваемому изобретению, и построены соответствующие цепочки технических решений.

В результате было построено 8 608 направленных ребер и сформирован граф графа эволюции технических решений в области подъемных кранов со стрелами изменяемой длины. Граф технических решений в программном продукте Gephi представлен на рис. 1. На рис. 2 представлены результаты расчета статистических характеристик по каждому узлу графа.

В результате проведенного исследования патентной сети, отражающей развитие конструкций подъемных кранов со стрелами изменяемой длины, с помощью алгоритма [3] выделено 40 основных сообществ (модулей).

Кроме того, для каждого узла графа (технического решения) по соответствующим алгоритмам рассчитаны характеристики дистанции, важности самого узла и его ребер [4], связности и вес узла в сети на основе связей данного узла.

На основе полученных данных можно провести ранжирование технических решений по степени влияния на развитие предметной области, проследить эволюцию, выявить основные тенденции и направления развития технической системы, а также сформулировать требования к перспективным конструктивным схемам.

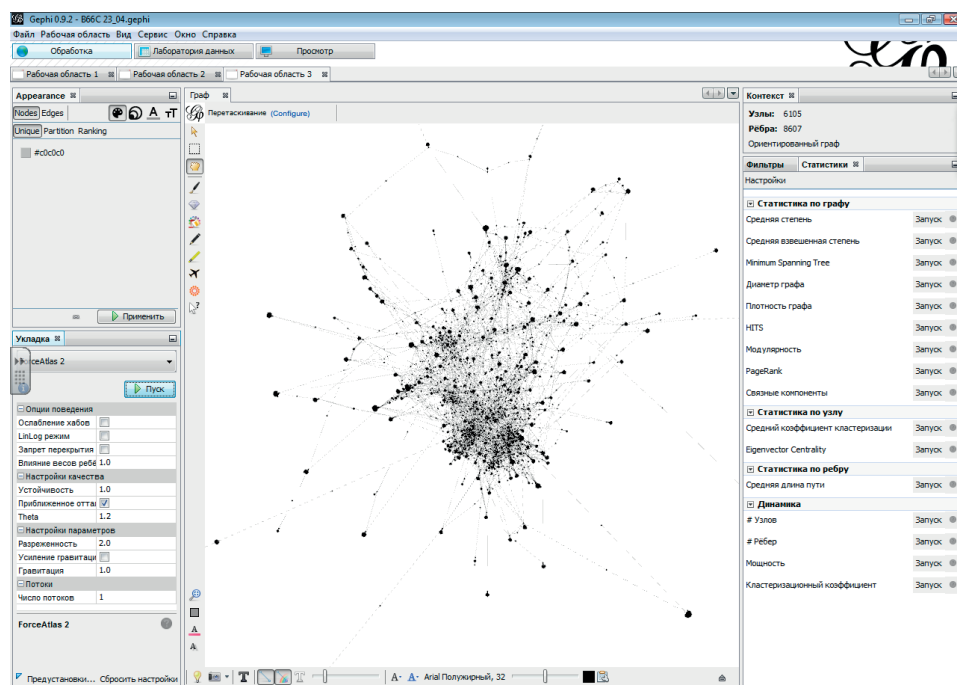


Рис. 1. Граф технических решений в программном продукте Gephi

Id	Label	Inter...	Исходя...	Суммар...	Weighte...	Weighte...	Взвешен...	Ессеп...	Closenes...	Harmonic Clos...	Between...	Authority	Hub	Modul...	Page...	Com...	Strong...	Cluster...
EP2865632		90	8	98	90.0	8.0	98.0	1.0	1.0	1.0	9651.70467	0.456865	0.002...	21	0.006264	0	175	0.009994
US6495612		46	8	53	46.0	8.0	53.0	1.0	1.0	1.0	26286.697...	0.327857	0.125...	21	0.001614	0	945	0.02881
US20120085723		15	1	16	15.0	1.0	16.0	1.0	1.0	1.0	4380.565422	0.222811	0.004...	21	0.001868	0	550	0.014877
US9290363		40	18	58	40.0	18.0	58.0	4.0	0.456	0.574561	3619.062012	0.138288	0.061...	21	0.001788	0	2165	0.003025
US6098824		13	26	39	13.0	26.0	39.0	4.0	0.408571	0.505245	8372.819899	0.130534	0.162...	21	0.000304	0	1050	0.049258
WO9503991		22	18	40	22.0	18.0	40.0	5.0	0.324268	0.400215	5077.063563	0.120023	0.071...	35	0.001062	0	2046	0.020513
EP185462		28	7	35	28.0	7.0	35.0	2.0	0.888889	0.9375	4701.572991	0.119613	0.018...	21	0.001529	0	287	0.028571
US6601719		15	2	17	15.0	2.0	17.0	2.0	0.538462	0.571429	3703.101796	0.117019	0.007...	20	0.000996	0	1000	0.088235
EP-941380		27	44	71	27.0	44.0	71.0	4.0	0.416667	0.545161	12304.817...	0.101021	0.110...	20	0.001252	0	1083	0.009859
US20140255620		7	0	7	7.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.100449	0.0	13	0.00025	0	1968	0.095238
US8146794		7	1	8	7.0	1.0	8.0	2.0	0.529412	0.555556	155.422253	0.100449	0.037...	13	0.00025	0	1951	0.142857
US4585132		19	13	32	19.0	13.0	32.0	3.0	0.414815	0.508929	4806.195741	0.096424	0.005...	20	0.000467	0	1958	0.110899
US4664272		16	14	30	16.0	14.0	30.0	5.0	0.347826	0.386881	5465.214966	0.095721	0.044...	20	0.000412	0	1172	0.047126
US4592474		32	11	43	32.0	11.0	43.0	7.0	0.234961	0.27655	16166.558...	0.093807	0.021...	20	0.001289	0	1986	0.009667
US20045172		8	0	8	8.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.093387	0.0	35	0.000304	0	940	0.160714
EP-327601		21	48	69	21.0	48.0	69.0	6.0	0.379092	0.460724	28256.376...	0.092258	0.240...	21	0.001032	0	2063	0.018116
EP00875		15	21	36	15.0	21.0	36.0	3.0	0.652174	0.811111	4664.437338	0.086282	0.039...	21	0.000832	0	1045	0.182524
US78210		13	2	15	13.0	2.0	15.0	2.0	0.555556	0.6	3999.532564	0.083613	0.038...	21	0.001101	0	176	0.066667
US561388		7	0	7	7.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.083086	0.0	35	0.000247	0	1399	0.142857
US762467		7	0	7	7.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.083086	0.0	35	0.000247	0	1387	0.142857
US5762467		6	0	6	6.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08079	0.0	35	0.00022	0	2040	0.2
EP1484275		28	10	38	28.0	10.0	38.0	1.0	1.0	1.0	2070.095479	0.079955	0.019...	20	0.001446	0	914	0.015647
US4514939		8	0	8	8.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.079093	0.0	34	0.000215	0	1960	0.089286
US5465854		5	2	7	5.0	2.0	7.0	6.0	0.327473	0.363758	1453.387653	0.074922	0.031...	21	0.00017	0	2305	0.071429
EP1278695		27	36	63	27.0	36.0	63.0	3.0	0.46188	0.636894	21429.284...	0.078238	0.047...	13	0.001523	0	498	0.003584
US7293377		5	1	6	5.0	1.0	6.0	2.0	0.538462	0.571429	985.410714	0.071501	0.000...	24	0.000296	0	2037	0.1
US6216895		6	3	9	6.0	3.0	9.0	4.0	0.353468	0.392405	2044.234722	0.070147	0.035...	20	0.000176	0	984	0.180556
US6520359		6	0	6	6.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.069761	0.0	20	0.000203	0	1072	0.166667
EP-93160		13	27	40	13.0	27.0	40.0	7.0	0.27482	0.336911	4073.946341	0.069647	0.113...	20	0.000452	0	1185	0.036538
US4016688		61	59	120	61.0	59.0	120.0	7.0	0.277228	0.348657	53241.69705	0.069281	0.327...	21	0.003462	0	2060	0.007003
EP-814050		16	45	61	16.0	45.0	61.0	5.0	0.378485	0.46	21706.235...	0.088362	0.196...	21	0.000535	0	1052	0.02499
US468690		19	24	43	19.0	24.0	43.0	6.0	0.282609	0.328863	22817.841...	0.068223	0.037...	20	0.000768	0	1147	0.012389
EP-922664		15	14	29	15.0	14.0	29.0	3.0	0.439024	0.518519	2672.833235	0.067031	0.05457	21	0.000569	0	2031	0.012315
US9556898		5	0	5	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.066761	0.0	35	0.000268	0	2118	0.1

Рис. 2. Результаты расчета статистических характеристик для технических решений в программном продукте Gephi

Список литературы

1. Tamm Y. Теория графов / У. Татт. — Москва : Мир, 1988. — 424 с.
2. The Open Graph Viz Platform. — URL: <http://gephi.org/> (дата обращения: 19.10.2019).
3. Blondel V. D. Fast unfolding of communities in large networks / V. D. Blondel, J.-L. Guillaume, R. Lambiotte, E. Lefebvre // Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment. — 2008. — № 10. — P. 1000. — DOI: 10.1088/1742-5468/2008/10/P10008.
4. Kleinberg J. M. Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment / J. M. Kleinberg // Journal of the ACM. — 1999. — № 46 (5). — P. 604–632.